

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

Kap. 7

Rechnernetze

Kapitel 7

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

Network Layer

Kap. 7.1

RN

Kapitel 7.1: Network Layer

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

1

Aufgaben Schicht 3

Network Layer

Kap. 7.1

RN

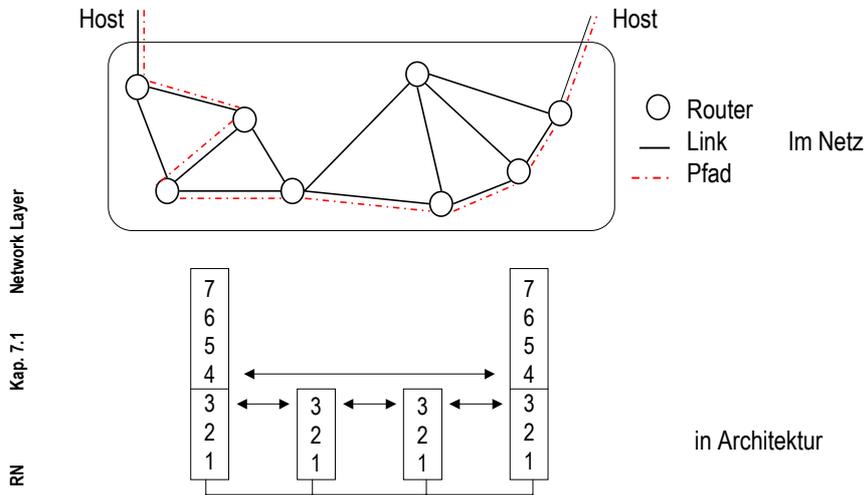
- Pfadschaltung (Vermittlung) zwischen zwei Endsystemen unter Berücksichtigung von Transitsystemen und Transitnetzen auf Basis eines netzglobalen Adressraumes
- Wegewahl (Routing)
- Dienstgüte verhandeln
- Bereitstellung eines VL- oder VO – Netzdienstes

Hinweis: Wegewahl und Vermittlung können auch technologieabhängig auf anderen Schichten vorkommen, so z.B. auf Ebene 7 (E-Mail-Relays), Ebene 2a (Bridges im MAC-Layer), Zellvermittlung bei ATM

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

2

Pfadvermittlung Ebene 3



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

3

QoS-Parameter Schicht 3

- Verbindungsaufbauwahrscheinlichkeit (Blockierw.)
- Verbindungsaufbauzeit
- Durchsatz der Schicht-3-Verbindung
- Nachrichtenübertragungszeit
- Schwankung in der Übertragungszeit (Jitter)
- Restfehlerrate

RN

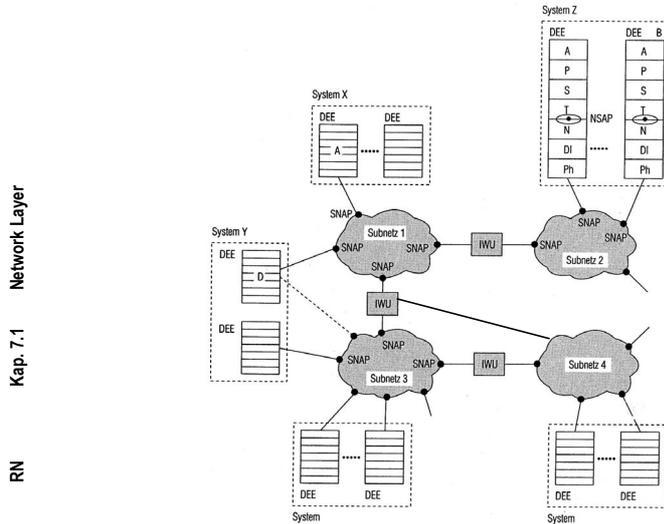
Kap. 7.1

Network Layer

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

4

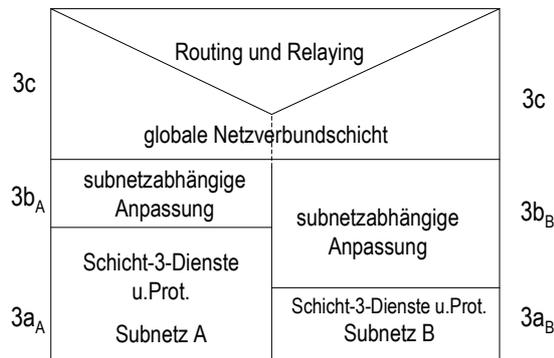
Internetworking (1)



Network Layer
Kap. 7.1
RN

Internetworking (2)

Struktur einer IWU (Router, Gateway) zwischen Subnetz A und B



Network Layer
Kap. 7.1
RN

Internetworking (3)

Aufgaben einer IWU (Router, Gateway)

- Adressierung über (Sub-)Netzgrenzen hinweg und Adressabbildung
- Anpassung Nachrichten bzgl. PDU-Struktur, Länge u.ä.
- Abbildung von Diensten (VO, VL) und Dienstgüteparametern
- Abbilden von Protokollparametern (z.B. Fenster, Timer)
- Anpassen von Fehlerbehandlungs- u. Meldemechanismen
- Globale Wegewahl

Kap. 7.1
Network Layer

RN

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

Vermittlungsverfahren
Kap. 7.2
RN

Kapitel 7.2: Vermittlungsverfahren

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

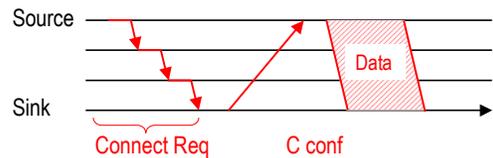
1

Leitungsvermittlung

Leitungsvermittlung, Durchschaltung, Circuit Switch

- Vor Übertragung Aufbau des Pfades von Sender zu Empfänger
- Dedizierter Kanal für die gesamte Datensphase
- typisch ist gleicher Grenzdurchsatz für die Links
- typisch gekoppelt mit VO-Dienst
- Beispiel: POTS, ISDN-B-Kanäle

Vermittlungsverfahren
Kap. 7.2
RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

2

Nachrichtenvermittlung

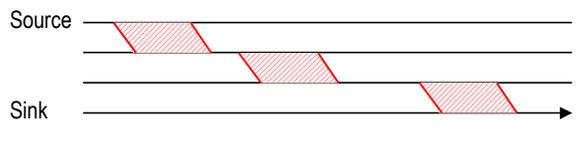
Nachrichtenvermittlung, Message Switching, Store and forward, Speichervermittlung

- Nachricht wird als Ganzes versendet
- Jeder Knoten auf Weg speichert Nachricht und sendet dann auf nächstes Streckenstück
- Streckenstücke sind i.a. nicht homogen
- Schwankendes Processing und Queuing Delay
- Beispiel: email, IP

Vermittlungsverfahren

Kap. 7.2

RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

3

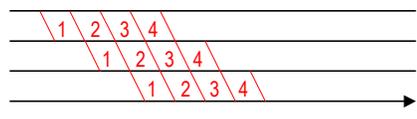
Paketvermittlung, Packet switching

- Zerlegung der Nachrichten in etwa gleichlange Pakete.
- Senden der Nachrichten paketweise nach Prinzip Message Switching
- Eine Art „Pipelining Effekt“, bessere Leitungsauslastung, Reihenfolgeproblem
- VO und VL möglich
- Beispiel: X.25, ATM - Zellvermittlung

Vermittlungsverfahren

Kap. 7.2

RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

4

Vermittlung: Fragen

Kap. 7.2 Vermittlungsverfahren

- Bewerten Sie die 3 Vermittlungsverfahren in Hinblick auf
 - Verzögerung bei der Pfadherstellung
 - Durchsatz für lange Nachrichten
 - Antwortzeiten für kurze Nachrichten
 - Schwankung in Durchsatz und Antwortzeit
 - Möglichkeit der Code-, Format- u. Ratenanpassung bei Übertragung
 - Laufwegermittlung und Ü – Steuerung
 - Reihenfolgesicherung
 - Eignung für Sprachübertragung
- Welches ist die „beste“ Technik?

RN

Vergleich Paket- u. Nachrichtenvermittlung

Kap. 7.2 Vermittlungsverfahren

L_D Nutzdatenlänge zerlegt in p Pakete

L_K Headerlänge (sei gleich bei beiden Verfahren), $\delta = L_D / L_K$

Weg bestehe aus n Leitungen (seien gleich in Länge und Rate C)

Dann $T^N(n) = n \cdot \frac{L_D + L_K}{C}$, ferner $T^P(1) = \frac{L_D / p + L_K}{C}$

Somit $T^P(n) = n \cdot T^P(1) + (p-1)T^P(1) = \frac{L_D + pL_K}{C} \frac{n + p - 1}{p}$

Verbesserung $\alpha(\delta, n, p) = T^P(n) / T^N(n)$

$$= \frac{\delta + p}{\delta + 1} \cdot \frac{n + p - 1}{n \cdot p}$$

RN

Gewinn wächst mit größerem δ und n , wird optimal bei $p = \sqrt{\delta(n-1)}$

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

Wegewahl, Routing

Kap. 7.3

RN

Kapitel 7.3: Wegewahl, Routing

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

1

Routing (1): Begriffe

Wegewahl, Routing

Kap. 7.3

RN

- Routingalgorithmen beschreiben Wegewahlverfahren, die Verfahrensauswahl und –ausprägung hängt ab von der Routingstrategie (Policy), also von den Zielfunktionen
- Zielfunktionen können sein: geringe Ü-Kosten, geringe Ü-Zeiten, gute Leitungsauslastung, großer Durchsatz
- Verfahren soll sein einfach (Alg.-Komplexität, Netzoverhead), adaptiv (Last, Topologie), robust (bei Fehlern), fair
- Grundlage ist Routing-Tabelle

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

2

Routing (2): Probleme

Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

RN

- Zielkonflikte
- Beschreibung der Topologie
 - wie beschrieben (Leitungen, Knoten, Kosten)
 - vollständig / partiell
- Berechnung
 - wo (zentral / dezentral)
 - welche Info wird vom Algorithmus benötigt
 - wie wird Info bereitgestellt
 - welche Ereignisse stoßen Berechnung an
 - wann wird neuer Weg aktiviert

Routing (3): Weiteres

Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

RN

- Zu unterscheiden Wegwahl (route discovery) und Weitergabe (forwarding)
- Routing abhängig von Kommunikationsbeziehung
 - meistens unicast für 1:1 – Beziehung
 - Routing für Multicast (Gruppenkommunikation, 1:n, m:n) werden wichtiger (conferencing, Videosever, CSCW)
 - Routing für Broadcast muss für NBMA – Netze emuliert werden
- Routing vereinfacht für spezielle Topologien (Stern, Bus, Ring, Baum, vollständige Vermaschung)

Wegkosten

K Knotenmenge, L Leitungsmenge

$A(j) = \{ i \in K \mid (j,i) \in L \}$ Nachbarknoten zu j

$W_{qz,f}$: f-ter Weg von Quelle q zum Ziel z

$D_{qz}(W_{qz,f})$: Kosten für f-ten Weg von q und z

Optimalitätseigenschaft der Wege

Falls

$$D_{qz}(W_{qz,f}) = \sum_{(i,j) \in W_{qz,f}} D_{ij}(W_{ij})$$

(d.h. Wegkosten sind Summenkosten über Teilwege)

dann $D_{qz}^{opt} = D_{qx}^{opt} + D_{xz}^{opt}$ für beliebiges x auf opt. Weg

d.h. – jeder Teilweg optimal

- in x kann weiterer Weg optimal gesucht werden

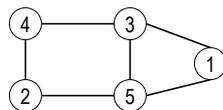
Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

RN

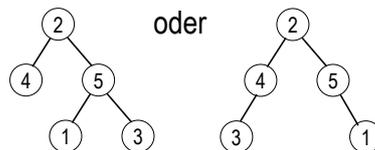
Quell-Senken-Baum (1)

Netz



$$\forall (j,i): D_{ji} = 10$$

QSB



Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

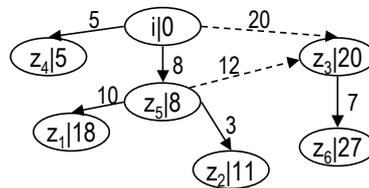
RN

Quell-Senken-Baum (2)

Wegewahl, Routing
Kap. 7.3
RN

Wegetafel Knoten i	Ziel	Nachbar	Kosten
z_1	z_5		18
z_2	z_5		11
z_3	z_3, z_5		20
z_4	z_4		5
z_5	z_5		8
z_6	z_3, z_5		27

Quell-Senken-Baum



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

7

Shortest Delay First Algorithmus (1)

Wegewahl, Routing
Kap. 7.3
RN

Idee:

- Schrittweiser Aufbau des QSB von Wurzel her
- Alle noch nicht in QSB enthaltenen Wege müssen über Nachbarn von QSB – Knoten führen (Kandidatenmenge)
- Aus Kandidatenmenge H wird Knoten mit minimalen Kosten ab Wurzel gewählt. Er kommt in QSB.

Bezeichnung:

$A(j), D_{jk}, q$ wie gehabt

$H = \{j \in K \mid j \in A(k) \text{ wobei } k \text{ in QSB und } j \text{ nicht in QSB}\}$

D_{qj}^* momentane Kosten von q nach j während Algorithmus

V_j momentaner Vaterknoten von j zur Erreichung von D_{qj}^*

nächster Knoten (H) liefert Knoten r mit $D_{qj}^* \leq D_{qr}$ für alle r aus H

Algorithmus läuft in jedem Knoten (hier in q)

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

8

Shortest Delay First Algorithmus (2)

Wurzel $QSB := q, H := \{ \}, D_{qq}^{opt} := 0$

$x := q$ co x ist zuletzt in QSB eingetragener Knoten

Schleife: co Vermessen aller Nachbarn von x

for all $j \in A(x)$ do

$$d = D_{qx}^{opt} + D_{xj}$$

if $j \notin QSB \wedge j \notin H$ then $H := H \cup \{j\}$;

$$D_{qj}^* := d ; V_j := x ; \text{fi}$$

if $j \in H \wedge d < D_{qj}^*$ then co Es gibt besseren Weg, umhängen

$$D_{qj}^* := d ; V_j := x ; \text{fi}$$

od

if $H = \{ \}$ then return co Ende Algor. fi

$x :=$ nächster Knoten (H)

x in QSB aufnehmen als Sohn von V_x und in H löschen

$$D_{qx}^{opt} := D_{qx}^* ; \text{Goto Schleife}$$

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

9

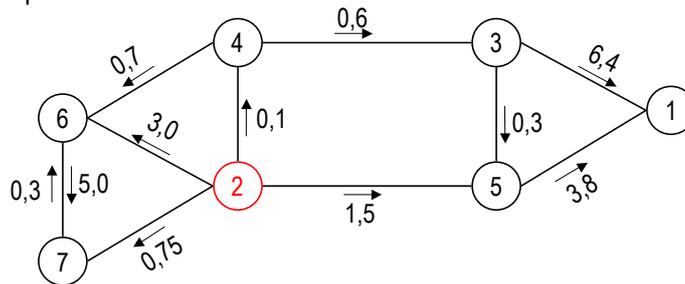
Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

RN

Shortest Delay First Algorithmus (3)

Beispiel



Aufgabe: Berechne QSB für $q=2$

Wegwahl, Routing

Kap. 7.3

RN

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

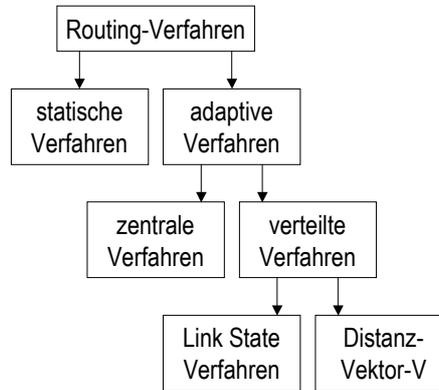
10

Routing-Verfahren

Wegewahl, Routing

Kap. 7.3

RN



Weitere Verfahren:

- isoliertes Verfahren, nicht adaptiv: Flooding
- isoliertes Verfahren, lastabhängig: Hot Potato

Static Routing, Directory Routing

Routingtabelle wird einmal aufgrund festgelegter Routing-Metriken erstellt

Wegewahl, Routing

Kap. 7.3

RN

Ziel z	Nachbarknoten auf dem Weg j → z					
	1. Wahl		2. Wahl		3. Wahl	
	Nr.	Gewicht	Nr.	Gewicht	Nr.	Gewicht
	1	0,63	6	0,21	4	0,16

Berechnen Zufallszahl x aus [0,00 bis 0,99]

falls $x \leq 0,63$ nimm 1. Wahl

$0,63 < x \leq 0,84$ nimm 2. Wahl

$x > 0,84$ nimm 3. Wahl

Grenzfälle: - nur eine feste Wahl

- Alternativen nur bei defekter 1. Wahl (backup trunk)

Wertung: Verfahren einfach, jedoch nicht adaptiv

Routing durch Flooding

Idee: Jede eintreffende Nachricht wird an alle Nachbarknoten geschickt

Problem: es entstehen beliebig oft Kopien

Maßnahmen:

- nicht zurück an sendenden Knoten
- Lebensdauerbegrenzung durch Timer oder Hop Count
- Nachrichtenmerkmal speichern

Wertung:

- Verfahren erzeugt Zusatzlast, aber sehr einfach
- Verfahren extrem robust (z.B. Milit.Netze)
- kann benutzt werden für schnelle multiple update von DB
- enthält immer optimalen Weg (Metrik gegen andere Verfahren)

Wegewahl, Routing
Kap. 7.3
RN

Hot Potato

- isoliertes Verfahren
- ankommendes Paket wird als hot potato betrachtet und auf abgehende Leitung mit kürzester Warteschlange gelegt
- Evtl. erhebliche Umwege, falls gewählte Leitung nicht optimal zum Ziel führt
- empfindlich gegen Überlast

Wegewahl, Routing
Kap. 7.3
RN

Adaptives Verfahren nur mit Nachbarkennntnis (1)

- In allen Knoten j wird für jedes Ziel Wegetabelle geführt

$$z \mid a^{opt}(j, z) \mid D_{jz}^{opt}$$

- Jeder Knoten j erhält periodisch oder ereignisgesteuert von jedem Nachbarn D_{kz}^{opt} für $k \in A(j)$ und alle z (Übertragungsvektor)

- Berechne $D_{jz}(W_{kz}) = D_{jk} + D_{kz}^{opt}$ für alle $k \in A(j)$
↑ lokal ↑ durch Austausch

- Bestimme $a^{opt}(j, z)$, d.h. optimaler Nachbar

- Aktualisiere Wegewahltabelle

Adaptives Verfahren nur mit Nachbarkennntnis (2)

- Beispiel: Distanz-Vektor-Alg. (Bellman-Ford-Alg)
wird in RIP im Internet benutzt

- Jeder Knoten hat Routingtabelle (Adresse, Distanz), periodisches Update
Jede Kante ist mit Gewicht belegt, Distanz ist Summe Gewichte auf Weg zum Ziel

- Initialisierung mit Eintrag, dessen Ziel dem lokalen Knoten entspricht, dessen Next-Hop nicht angegeben ist und dessen Distanz auf 0 gesetzt ist

Distanz-Vektor-Algorithmus

Wiederhole alles endlos

warte auf nächste Routing-Nachricht vom Nachbarn N;

für jede Eintrag in die Nachricht {

Z sei Ziel im Eintrag, D Distanz.

Berechne: $C := D + \text{Gewicht Kante des Eintreffens von NN}$.

Prüfe und aktualisiere die lokale Routingtabelle:

if (es gibt keine Route zu Z) {ergänze Eintrag mit Ziel Z, NextHop N, Distanz C}

elseif (es gibt eine Route mit NextHop N) {ersetze Distanz in existierender Route durch C}

elseif (es gibt Route mit Distanz größer C) {ändere NextHop auf N und Distanz auf C}}

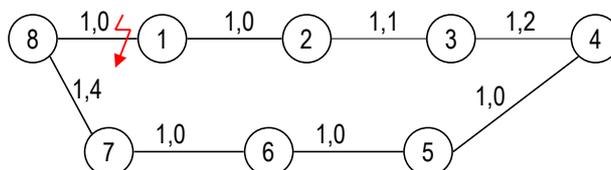
Kap. 7.3 Wegwahl, Routing
RN

Adaptives Verfahren nur mit Nachbarkennntnis (3)

Wertung:

- Verfahren sehr einfach, Rechenaufwand gering
- Nur partielle Topologie muss bekannt sein
- Zusätzliche Netzbelastung
- Wegwahlinfo breitet sich nur langsam aus, kann zu Inkonsistenzen führen!

Beispiel 1 (Aufgabe!)

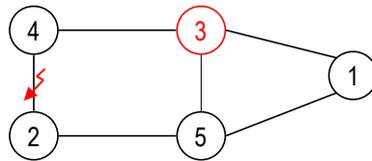


W_{18} falle aus zum Zeitpunkt $t_1 < x < t_2$. Berechne die ersten Schritte zu den Zeitpunkten t_1, \dots, t_8

Kap. 7.3 Wegwahl, Routing
RN

Adaptives Verfahren nur mit Nachbarkennntnis (4)

Beispiel 2 (Aufgabe)



$D_{jk} = 1$ für alle j, k
periodisch, $t_i = t_0 + i\Delta t$

Initialisiere D_{jc}^{opt} mit $N + 1$ ($N=5$)

Annahme: L_{24} fällt aus in $[t_x, t_{x+1}[$, werde in $[t_y, t_{y+1}[$ wieder repariert.
Betrachte Wegetabelle in Knoten 3

Gemeinsam adaptive Wegberechnung (1)

Ziel: Möglichst alle Knoten sollen aktuelle Wegewahlinfo haben.
Langsame Ausbreitung von Anpassereignissen soll
vermieden werden

Verfahren:

- Basis ist SDF-Algorithmus
- jeder Knoten kennt Topologie und Bewertung
- jeder Knoten enthält von jedem anderen Knoten j dessen lokalen Verzögerungsvektor $[k, D_{jk}]$ für alle $k \in A(j)$
- Verteilung Vektoren z.B. durch Flooding

Gemeinsam adaptive Wegberechnung (2)

Beispiel: Link-State-Routing, SPF-Routing

(wird im Internet im Routingverfahren OSPF verwendet)

- jeder Router versucht seine Nachbarn kennenzulernen
- jeder Router bildet ein Link State Packet (LSP) mit Namen der Nachbarn und Gewichten der zugehörigen Links
- LSP werden an alle Rechner geschickt, jeder Rechner speichert die zuletzt erhaltenen LSP aller anderen Router. Damit kennt jeder Router die vollständige Netztopologie
- Berechne QSB nach SDF-Verfahren (Dijkstra)

Kap. 7.3 Wegwahl, Routing

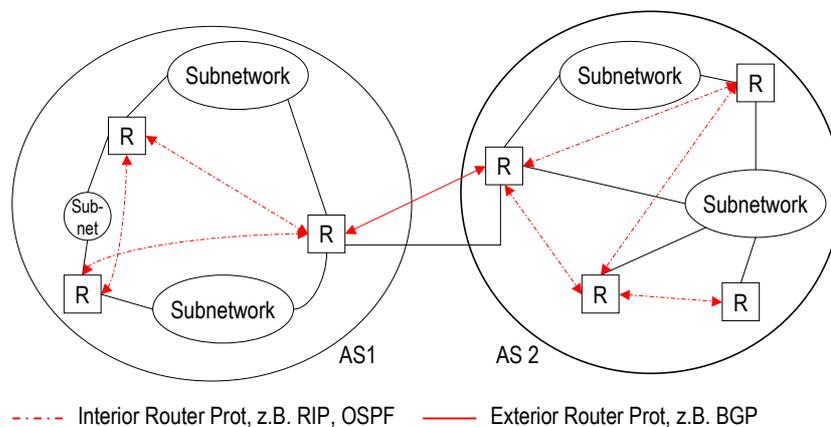
RN

Routing im Internet (1)

Autonome Systeme (AS) sind bzgl der Administration selbstständige Netze (Routing Domains). AS sind genehmungspflichtig.

Kap. 7.3 Wegwahl, Routing

RN



Routing im Internet (2)

Internet's Area Hierarchy

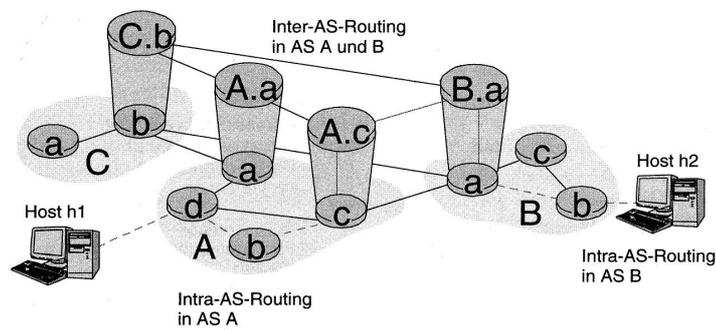
- What is an **Autonomous System (AS)**?
 - A set of routers under a single technical administration, using an *interior gateway protocol (IGP)* and common metrics to route packets within the AS and using an *exterior gateway protocol (EGP)* to route packets to other AS's
- Each AS assigned unique ID
- AS's peer at network exchanges

Wegewahl, Routing

Kap. 7.3

RN

Routing im Internet (3)



Wegewahl, Routing

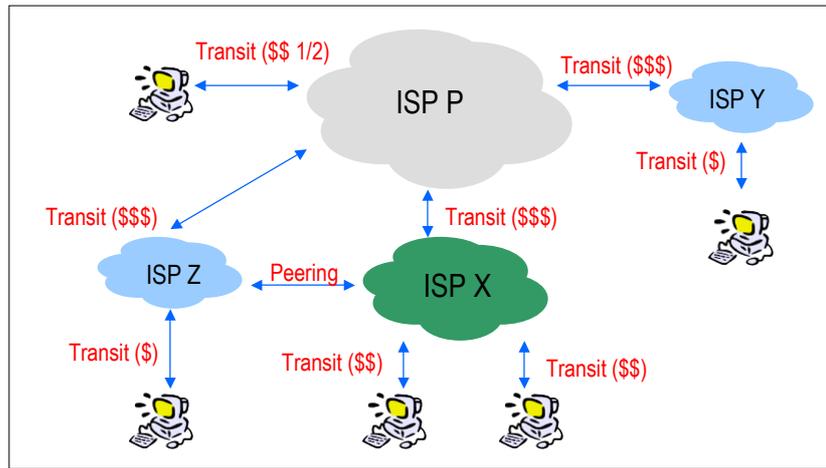
Kap. 7.3

RN

Routing im Internet (4)

Transit vs. Peering

Kap. 7.3 Wegewahl, Routing
RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

25

Routing im Internet (5)

- RIP (Routing Information Prot): Distanz-Vektor-Algor.
- OSPF (Open Shortest Path Prot): Link-State-Routing
- BGP (Border Gateway Prot):
 - dem Distanz-Vektor-Verfahren ähnlich
 - statt Distanz wird Pfad angegeben, der Sequenz der zu durchlaufenden AS enthält. Es wird keine Metrik verwendet
 - durch die Pfade wird ein policy-based routing realisiert, d.h. bestimmte Pfade können ausgeschlossen oder uninteressant gemacht werden.
 - Aufgaben: Neighbor acquisition neighbor reachability, network reachability

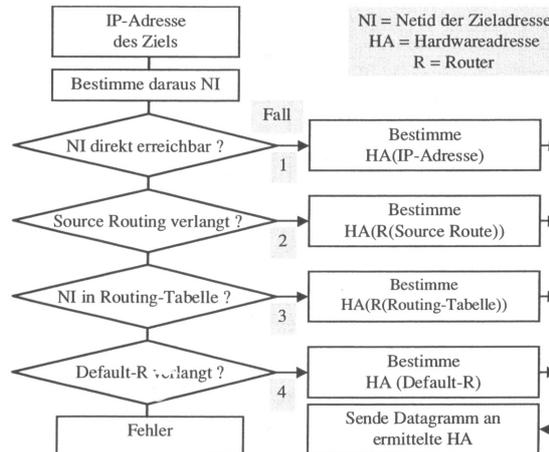
Kap. 7.3 Wegewahl, Routing
RN

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

26

Routing im Internet (6)

Kap. 7.3 Wegewahl, Routing
RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

27

Fragen zu Kapitel 7.3

Kap. 7.3 Wegewahl, Routing
RN

- Warum war es sinnvoll, im Internet RIP durch OSPF abzulösen?
- Was ist der Kernalgorithmus bei Link State Routing?
- In welchen Fällen ist Flooding ein sinnvolles Verfahren?
- Nennen Sie Kostenfunktionen, die dem Optimalitätskriterium genügen?
- Was versteht man unter autonomen Systemen?
- Neuere BGP-Versionen unterstützen CIDR. Was bedeutet diese Aussage?

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

28

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

Kapitel: 7.4: Internetprotocol IP

Internetprotocol IP

Kap. 7.4

RN

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

1

IP-Service

- Verbindungsloser Dienst,
zwei Dienstprimitive SEND,
DELIVER
- Parameter:
 - Source address, destination
address: IP-Adresse Sender-
/Empfänger-Host
 - Protocol: ID des IP users
(SAP-Adresse), z.B. 1 ICMP, 2
IGMP, 6 TCP, 8 EGP, 9 UDP,
46 RSVP, 89 OSPF
 - type of service indicator:
 - Priorität (8 Stufen)
 - Reliability (2 Stufen)
 - Delay (normal, low)
 - Thruput (normal, high)
 - identifier*: eindeutige Kennung
für Reassembly und Error
Reporting
 - don't fragment id *
 - time to live *: gemessen in
hops
 - data length: in Byte
 - option length, option data, data

Internetprotocol IP

Kap. 7.4

RN

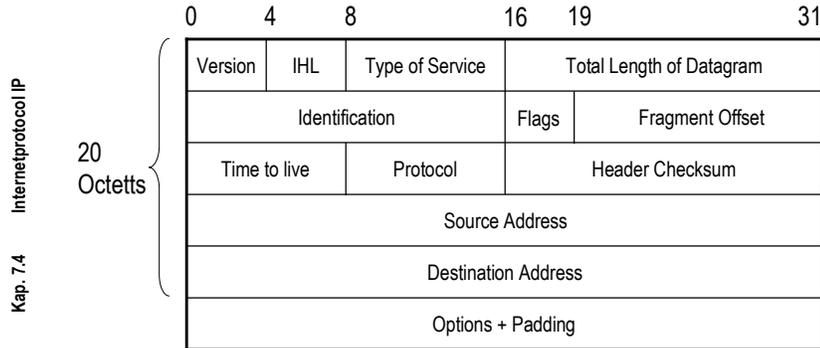
* entfällt bei DELIVER, options gestattet Sonderwünsche z.B. Security label, Source Routing, Route Recording, stream id, timestamping

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

2

IP-Protocol (1): IP-Header-Format

- ☐ Das IP-Protokoll ist datagramm-orientiert



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

3

IP-Protocol (2): Header Parameter

- Internetprotocol IP
Kap. 7.4
RN
- ☐ Version: Version des IP-Protocols, derzeit 4
 - ☐ IHL: Internet Header Length in 32-Bit-Worten (Minimum= 5), d.h. kleinster Header = 20 Oktets
 - ☐ Length: in Bytes
 - ☐ Flags:
 - M „More bit“ (für Segmentation and Reassembly)
 - M = 0 folgt nichts (letztes Teilpaket)
 - M = 1 (folgen weitere Teilpakete)
 - DF „Don't fragment bit“ „frei, noch nicht benutzt“
 - ☐ Fragment Offset: benutzt für Reassembly, zählt in Anzahl von 64 bit-Einheiten für den Datenanteil im Bezug auf Datenanfang
 - ☐ Padding: Auffüllen des Headers auf Vielfaches von 32 bit-Einheiten
 - ☐ Data:
 - Variable lang
 - Vielfaches von 8 bit
 - max. Datagramm-Länge (incl. Header): 64KByte = 65535 Octetts

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

4

IP-Protocol (3): Fragmentierung

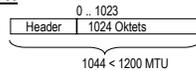
□ Beispiel:

MTU: max Transport Unit

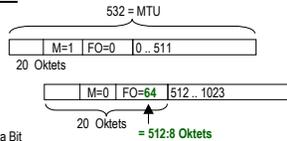


Aufgabe: Nachricht mit 1044 Oktets von A nach B
IP-Header \geq 20 Oktets

Subnetz 1:

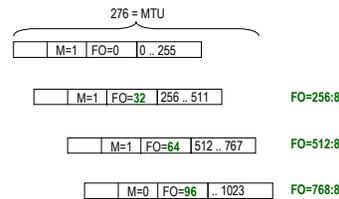


Subnetz 2:



M: More Data Bit (in Flags)
FO: Fragment Offset

Subnetz 3:



Internetprotocol IP

Kap. 7.4

RN

IP-Unterstützende Protokolle

□ ICMP (Internet Control Message Protocol), RFC 792

- Benachrichtigungsprotokoll, wirkt unterstützend für Fehler- und Mgmtbehandlung, nötige IP-VL-Dienst
- Destination unreachable, time exceeded, Parameterproblem (Syntaxfehler im IP-Header), source quench (bei Router-Überlast), Redirect (Routing-Korrektur), Echo, Timestamp, usw.
- Basis für traceroute

□ DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

- Dynamische temporäre Zuweisung von IP-Adressen

□ DNS (Domain Name Service)

- Abbildung von Namen auf IP-Adressen
- Interaktion zwischen Resolver (Client) und Server (Directory)

□ ARP (Address Resolution Protocol), RFC 826

- Abbildung von IP-Adressen auf MAC-Adressen

Internetprotocol IP

Kap. 7.4

RN

IPv6

- Weiterentwicklung der jetzigen Version 4
- Neue Funktionalität
 - erweiterter Adressraum (128 statt 32 bit)
 - erweiterte Optionen (QoS auch bzgl. Streams wie Sprache, Video)
 - dynamische Adresszuweisung (Mobilitätsunterstützung)
 - Ressource Allocation (Reservierungsprotokolle)
 - Security capabilities (privacy, authentication)
 - hop-by-hop-options (Routeranweisungen)
 - tatsächliche globale Einführung noch nicht abschätzbar

Internetprotocol IP
Kap. 7.4

RN

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

7

Fragen zu Kapitel 7.4

- Welches Vermittlungsverfahren wird im Internet auf Ebene 3 angewendet?
- Unterstützt IP einen VO- oder VL-Dienst?
- Wer sind im Internet Dienstanutzer von IP?
- Warum muss IP Fragmentierung unterstützen?
- Nennen Sie (außer Adressen) mindestens 3 wichtige IP-Headerinformationen.
- Wozu braucht man ICMP?
- Wo braucht man ARP?
- Wozu dient das Protocol-Field im IPv4-Header?

Internetprotocol IP
Kap. 7.4

RN

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

8

Charakteristische Fragestellungen der Schicht 3

X.25
Kap. 7.5
RN

Kapitel: 7.5:
X.25

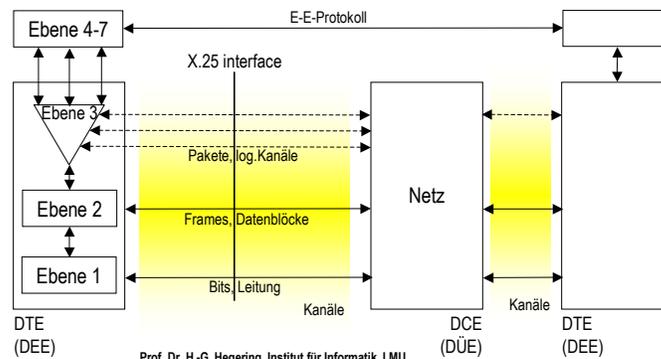
Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

1

X.25 (1): Überblick

- X.25 ist von ITU als Netzzugangsprotokoll spezifiziert. Ist Basis für DatexP
- Ebene 1 = X.25 level 1 = X.21
- Ebene 2 = X.25 level 2 = HDLC LAP B
- Ebene 3 = X.25 level 3 = Paketebene (PLP)
- PLP ist Multiplexprotokoll, bietet VO/VL-Dienst, Paketvermittlung

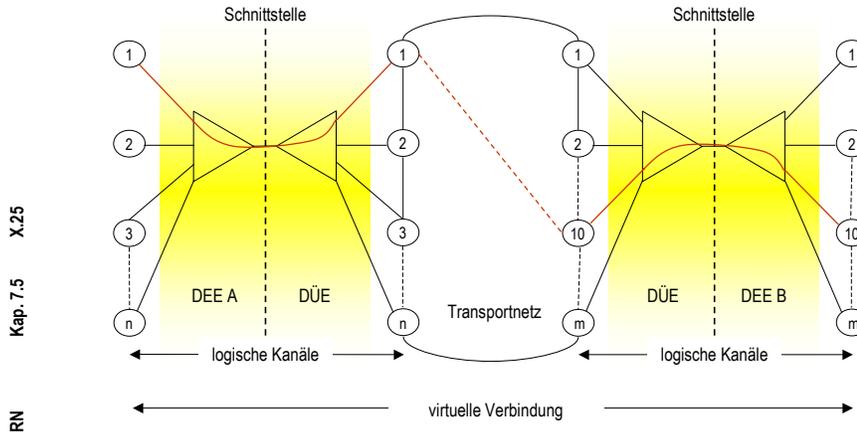
X.25
Kap. 7.5
RN



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

2

X.25 (2): Log. Kanäle, log. Verbindungen



Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

3

X.25 (3): Kanäle, Verbindungen

	virtuelle Verbindung	logischer Kanal
Kap. 7.5 X.25	Eine virtuelle Verbindung stellt eine (End-zu-End-) Verbindung zweier DEE über das Transportnetz da.	Ein logischer Kanal stellt eine <u>lokale</u> Einrichtung zwischen DEE und DÜE dar.
	Zur Abwicklung können verschiedene logische Kanäle benutzt werden.	Nur <u>eine</u> virtuelle Verbindung wird zu ihrer Abwicklung einem logischen Kanal zugeordnet.
RN	Eine virtuelle Wählverbindung existiert nur nach der Verbindungsherstellung bis zur Verbindungsauslösung; eine feste virtuelle Verbindung gilt als ständig existierend.	Ein logischer Kanal ist immer existent und entweder einer virtuellen Verbindung zugeordnet oder frei (ready state)

Prof. Dr. H.-G. Hegering, Institut für Informatik, LMU

4

X.25 (4): Kanäle, Verbindungen

- Es werden 16 log. Kanalgruppen zu je 256 Kanälen unterstützt
- Anzahl und Art der Kanäle werden bei Subskription festgelegt, d.h. für PVC, DG, sx-Verbindung, dx-Verb. (SVC)
- Merkmale bei Einrichtung:
 - Gebührenübernahme
 - Durchsatzklasse
 - Closed user group
 - Subadressen (Nst-Anlage)
 - Blockierung best. Rufe
 - Fenstergrößen
- Merkmale bei Verb.-Aufbau:
 - z.B. Gebührenübernahme

RN
Kap. 7.5
X.25

X.25 (5): Protokoll-Elemente (1)

DTE → DCE	DCE → DTE	DG	PVC	VC
Verbindungsaufbau/abbau				
Call request	Incomming Call			X
Call accept	Call connected			X
Clear request	Clear indication			X
Clear confirmation	Clear confirmation			X
Daten und Interrupts				
Data	Data		X	X
Interrupt	Interrupt		X	X
Interrupt Confirm	Interrupt Confirm		X	X
Datagram	Datagram	X		
	Datagram Service Signal	X		

RN
Kap. 7.5
X.25

X.25 (6): Protokoll-Elemente (2)

RN
Kap. 7.5
X.25

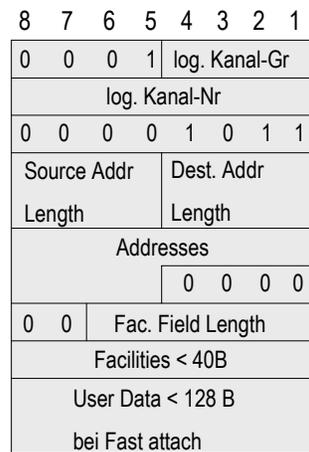
DTE → DCE	DCE → DTE	DG	PVC	VC
Flußsteuerung und Reset				
RR	RR	X	X	X
RNR	RNR	X	X	X
Reset request	Reset indication	X	X	X
Reset confirm	Reset confirm	X	X	X
Restart				
Restart request	Restart indication	X	X	X
Restart confirm	Restart confirm	X	X	X
Diagnostic				
	Diagnostic	X	X	X

} betrifft eine
log. Verb.

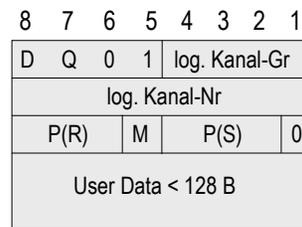
} betrifft alle
virt. Verb.

X.25 (7): Paket-Formate

RN
Kap. 7.5
X.25



Call Request



Data Packet